



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

“DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD: INVENTORES E INVENTOS. BABBAGE Y LA CALCULADORA”

| |
|--|
| AUTORÍA FRANCISCO M. PORCEL GRANADOS |
| TEMÁTICA TECNOLOGÍA |
| ETAPA E. SECUNDARIA |

Resumen

Babbage fue el precursor de la actual calculadora y las computadoras. La calculadora ha supuesto un gran avance tecnológico para la humanidad, concretamente en el campo del cálculo. Dicho avance ha supuesto una mejora en la adaptación del ser humano al medio en el que se desarrolla.

Palabras clave

- Babbage.
- Calculadora
- Criptografía.

1. EL INVENTOR:

Charles Babbage (Teignmouth, Devonshire, Gran Bretaña, 26 de diciembre de 1791 - 18 de octubre de 1871) fue un matemático británico y científico de la computación. Diseñó y parcialmente implementó una máquina a vapor, de diferencia mecánico para calcular tablas de números. También diseñó, pero nunca construyó, la máquina analítica para ejecutar programas de tabulación o computación; por estos inventos se le considera como una de las primeras personas en concebir la idea de lo que hoy llamaríamos una calculadora. En el Museo de Ciencias de Londres se exhiben partes de sus mecanismos inconclusos así como su cerebro conservado en formol.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

Diseño de calculadoras

Babbage descubrió que se daban graves errores en el cálculo de tablas matemáticas, entonces intentó encontrar un método por el cual pudieran ser calculadas automáticamente por una máquina, eliminando errores debidos a la fatiga o aburrimiento que sufrían las personas encargadas de compilar las tablas matemáticas de la época. Esta idea la tuvo en 1812. Tres diversos factores parecían haberlo influenciado: una aberración al desorden, su conocimiento de tablas logarítmicas, y los trabajos de máquinas calculadoras realizadas por Blaise Pascal y Gottfried Leibniz. En 1822, en una carta dirigida a Sir Humphry Davy en la aplicación de maquinaria al cálculo e impresión de tablas matemáticas, discutió los principios de una máquina calculadora. Además diseñó un plano de computadoras arquiodinámica

Máquina diferencial

Presentó un modelo que llamó **máquina diferencial** en la Royal Astronomical Society en 1822. Su propósito era tabular polinomios usando un método numérico llamado el método de las diferencias. La sociedad aprobó su idea, y apoyó su petición de una concesión de 1.500 £ otorgadas para este fin por el gobierno británico en 1823. Babbage comenzó la construcción de su máquina, pero ésta nunca fue terminada. Dos cosas fueron mal. Una era que la fricción y engranajes internos disponibles no eran lo bastante buenos para que los modelos fueran terminados, siendo también las vibraciones un problema constante. La otra fue que Babbage cambiaba incesantemente el diseño de la máquina. En 1833 se habían gastado 17.000 £ sin resultado satisfactorio.

En 1991, coincidiendo con el bicentenario del nacimiento de Babbage, el museo de ciencia de Kensington, construyó una máquina diferencial basándose en los dibujos de Babbage y utilizando sólo técnicas disponibles en aquella época. La máquina funcionó sin problemas.

Máquina analítica

Entre 1833 y 1842, Babbage lo intentó de nuevo; esta vez, intentó construir una máquina que fuese programable para hacer cualquier tipo de cálculo, no sólo los referentes al cálculo de tablas logarítmicas o funciones polinómicas. Ésta fue la máquina analítica. El diseño se basaba en el telar de Joseph Marie Jacquard, el cual usaba tarjetas perforadas para determinar como una costura debía ser realizada. Babbage adaptó su diseño para conseguir calcular funciones analíticas. La máquina analítica tenía dispositivos de entrada basados en las tarjetas perforadas de Jacquard, un procesador aritmético, que calculaba números, una unidad de control que determinaba qué tarea debía ser realizada, un mecanismo de salida y una memoria donde los números podían ser almacenados hasta ser procesados. Se considera que la máquina analítica de Babbage fue la primera computadora del mundo. Un diseño inicial plenamente funcional de ella fue terminado en 1835. Sin embargo, debido a problemas similares a los de la máquina diferencial, la máquina analítica nunca fue terminada. En 1842, para obtener la financiación necesaria para realizar su proyecto, Babbage contactó con Sir Robert Peel. Peel lo rechazó, y ofreció a Babbage un título de caballero que fue rechazado por Babbage. Lady Ada Lovelace, matemática e hija de Lord Byron, se enteró de los esfuerzos de Babbage y se interesó en su



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

máquina. Promovió activamente la máquina analítica, y escribió varios programas para la máquina analítica. Los diferentes historiadores concuerdan que esas instrucciones hacen de Ada Lovelace la primera programadora de computadoras en el mundo.

Computación años después

En 1855 un impresor sueco llamado Per Georg Scheutz, ayudado por su hijo Edvard Raphael Scheutz, construyó con éxito un modelo de la máquina diferencial. Este se basaba en el diseño de 1834 de Babbage, que estuvo entre los que la examinaron. En 1859, el gobierno Británico compró una de estas máquinas para su uso en la Oficina General del Registro. La compra no tuvo efectos, sin embargo, en las continuas denegaciones del Gobierno de los fondos necesarios para la construcción de la más avanzada máquina analítica. Debido en parte a los esfuerzos de Babbage en hacer funcionar estas máquinas, los Británicos obtuvieron una maquinaria y engranajes superiores durante las siguientes décadas, razón que contribuyó parcialmente a la superioridad de la marina Británica en la Primera Guerra Mundial.

Planos de la impresora moderna

Charles Babbage ha sido considerado por algunos como el padre de las computadoras modernas, pero sin dudas también puede ser considerado el padre de las impresoras modernas. Más de 150 años después de sus planos y un trabajo minucioso del *Museo de la Ciencia de Londres*, dieron como resultado la construcción de la *Máquina Analítica*. Los planos del matemático y científico incluían un componente de impresión, el cual ha sido reconstruido por el Museo y es funcional. Esta impresora consta de 8.000 piezas mecánicas y pesa aproximadamente 2.5 toneladas.

Fue tan innovadora para su época y podemos apreciarlo hoy, que es capaz de imprimir automáticamente los resultados de un cálculo y un usuario puede cambiar parámetros como espacio entre líneas, elegir entre dos tipografías, número de columnas y otros. Su sofisticación llega a tal punto que puede generar (fabricar) los moldes de las impresiones que podrían ser usados por las imprentas aún hoy en día. Esta impresora lamentablemente no lleva un nombre ya que Babbage la incluyó en sus planos de la *Máquina Analítica*, pero basta con aludir a ella como la *impresora de Babbage* para reconocer en este hombre un visionario.

Promoción del cálculo analítico

Babbage es recordado también por otras realizaciones. La promoción del cálculo analítico es quizás la primera entre ellas. En 1812, Babbage funda la Sociedad Analítica. La tarea primordial de esta sociedad, conducida por el estudiante Robert Woodhouse, era promover el Leibniziano, o cálculo analítico, sobre el estilo de cálculo Newtoniano. El cálculo de Newton era torpe y aproximado, y era usado más por razones políticas que prácticas. La Sociedad Analítica incluía a Sir John Herschel y George Peacock entre sus miembros. En los años 1815-1817 contribuyó en el "cálculo de funciones" de



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 17 ABRIL DE 2009

las *Philosophical Transactions* -transacciones filosóficas-, y en 1816 fue hecho miembro de la Royal Society.

Criptografía

Charles Babbage también logró resultados notables en criptografía. Rompió la cifra auto llave de Vigenère, así como la cifra mucho más débil que se llama cifrado de Vigenère hoy en día. La cifra del auto llave fue llamada "la cifra indescifrable", aunque debido a la confusión popular muchos pensaron que la cifra apolialfabética más débil era indescifrable. El descubrimiento de Babbage fue usado en campañas militares inglesas, y era considerado un secreto militar. Como resultado, el mérito por haber descifrado esta clave le fue otorgado a Friedrich Kasiski, quien descifró también este sistema criptográfico algunos años después.

Otras realizaciones

De 1828 a 1839 Babbage fue profesor de matemáticas en Cambridge. Escribió artículos en distintas revistas científicas, y era miembro activo de la *Astronomical Society* -sociedad astronómica- en 1820 y de la *Statistical Society* -sociedad estadística- en 1834. Durante los últimos años de su vida residió en Londres, dedicándose a la construcción de máquinas capaces de la ejecución de operaciones aritméticas y cálculos algebraicos.

Propuso el sistema de franqueo postal que utilizamos hoy en día. Hasta entonces el coste de enviar una carta dependía de la distancia que tenía que viajar; Babbage advirtió que el coste del trabajo requerido para calcular el precio de cada carta superaba el coste del franqueo de ésta y propuso un único coste para cada carta con independencia del sitio del país al que era enviada.

Fue el primero en señalar que la anchura del anillo de un árbol dependía de la meteorología que había hecho ese año, por lo que sería posible deducir climas pasados estudiando árboles antiguos.

Inventó el *avisador de vacas*, un aparato que se sujetaba a la parte delantera de las locomotoras de vapor para que las vacas se apartasen de las vías del ferrocarril.

Se interesó también por temas políticos y sociales e inició una campaña para deshacerse de los organilleros y músicos callejeros de Londres, aunque éstos pasaron al contraataque y se organizaban en torno a su casa tocando lo más alto que podían.

2. EL INVENTO:

Calculadora

Una **calculadora** es un dispositivo que se utiliza para realizar cálculos aritméticos. Aunque las calculadoras modernas incorporan a menudo un ordenador de propósito general, se diseñan para



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 17 ABRIL DE 2009

realizar ciertas operaciones más que para ser flexibles. Por ejemplo, existen calculadoras gráficas especializadas en campos matemáticos gráficos como la trigonometría y la estadística. También suelen ser más portátiles que la mayoría de los computadores, si bien algunas PDAs tienen tamaños similares a los modelos típicos de calculadora.

En el pasado, se utilizaban como apoyo al trabajo numérico ábacos, comptómetros, ábacos neperianos, tablas matemáticas, reglas de cálculo y máquinas de sumar. El término «calculador» se usaba para aludir a la persona que ejercía este trabajo, ayudándose también de papel y lápiz. Este proceso de cálculo semimanual era tedioso y proclive a errores. Actualmente, las calculadoras son electrónicas y son fabricadas por numerosas empresas en tamaños y formas variados. Se pueden encontrar desde modelos muy baratos del tamaño de una tarjeta de crédito hasta otros más costosos con una impresora incorporada.

Una de las primeras calculadoras mecánicas es el mecanismo de Anticitera.

Historia

Las primeras calculadoras fueron ábacos, contruidos a menudo como un marco de madera con cuentas deslizantes sobre alambres. Los ábacos fueron usados durante siglos antes de la adopción del sistema escrito de numerales árabes, y aún siguen siendo empleados por mercaderes y oficinistas de China y otras partes del mundo.

Siglo XVII

William Oughtred inventó la regla de cálculo en 1622, siendo revelada por su alumno Richard Delamain en 1630.¹ Wilhelm Schickard construyó la primera calculadora automática, llamada «Reloj Calculador» en 1623.² Unos 20 años después, en 1643, el filósofo francés Blaise Pascal inventó un dispositivo de cálculo, más tarde conocido como Pascalina, que fue usado para el cálculo de impuestos en Francia hasta 1799. El filósofo alemán Gottfried Leibniz también construyó una máquina calculadora.

Siglo XIX

Charles Babbage desarrolló el concepto más aún, abriendo el camino hacia los computadores programables, si bien la máquina que construyó era demasiado pesada como para ser operable.

El último cuarto del siglo XIX presencié importantes avances en las calculadoras mecánicas:

- En 1872 Frank Baldwin inventó en los Estados Unidos la calculadora de rueda dentada, que también fue desarrollada independientemente dos años después por W.T. Odhner en Suecia. El modelo de Odhner y otros similares de otras compañías vendieron varios miles de unidades en los años 1870.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

- Dorr E. Felt inventó en los Estados Unidos el comptómetro en 1884, la primera máquina que operada por teclas que permitía sumar y calcular (a diferencia de los diseños anteriores, que exigía operar palancas separadas). En 1886 se unió a Robert Tarrant para constituir la Felt & Tarrant Manufacturing Company, que fabricó miles de comptómetros.
- En 1891 William S. Burroughs empezó a comercializar su calculadora sumadora impresora. La Burroughs Corporation se convirtió en una de las principales compañías en el mercado de máquinas de contabilidad y computadoras.
- La calculadora *Millionaire* se presentó en 1893. Permitía la multiplicación directa por cualquier dígito.

1900 a 1960

La primera mitad del siglo XX asistió al desarrollo gradual de las calculadoras mecánicas que ya habían sido inventadas, si bien se hicieron algunas innovaciones importantes.

La máquina sumadora-listadora de Dalton presentada en 1902 fue la primera de su tipo en usar sólo diez teclas, convirtiéndose en el primero de muchos modelos diferentes de «sumadoras-listadoras de 10 teclas» fabricadas por diversas compañías.

En 1948 la calculadora miniatura Curta, que se sujeta en una mano para usarse, fue presentada tras su desarrollo por Curt Herzstark en un campo de concentración nazi, suponiendo un desarrollo extremo del mecanismo calculador de ruedas dentadas escalonadas.

Desde principios de los años 1900 hasta la década de 1960, las calculadoras mecánicas dominaron el mercado de computación de escritorio (véase Historia del hardware de computador). Los principales fabricantes estadounidenses fueron Friden, Monroe y SCM/Marchant. Estos dispositivos funcionaban con la ayuda de un motor y disponían de carros móviles donde los resultados de los cálculos eran mostrados mediante diales. Casi todos los teclados eran «completos»: cada dígito que podía introducirse tenía su propia columna de nueve teclas (del 1 al 9) más una columna para limpiar, permitiendo la introducción de varios dígitos a la vez. Podría decirse que esto era una entrada paralela, frente a la entrada serie de diez teclas que era común en las sumadoras mecánicas y actualmente es universal en las calculadoras electrónicas. (Casi todas las calculadoras Friden tenían un teclado auxiliar de diez teclas para introducir el multiplicador cuando se realizaba esta operación.) Los teclados completos tenían generalmente diez columnas, si bien algunos modelos de bajo coste tenían sólo ocho. La mayoría de las máquinas fabricadas por estas tres compañías no imprimían sus resultados, aunque otras compañías como Olivetti fabricaron calculadoras impresoras.

En esta máquina, las sumas y restas eran realizadas en una sola operación, como en una sumadora convencional, pero la multiplicación y la división se lograban mediante repetidas sumas y restas mecánicas. Friden fabricó una calculadora que también extraía raíces cuadradas, básicamente realizando divisiones, pero con un mecanismo añadido que automáticamente incrementaba el número en el teclado de forma sistemática. Marchant también fabricó un modelo (el SKA) que calculaba raíces



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

cuadradas. Las calculadoras mecánicas de mano, como la ya mencionada Curta de 1945, siguieron usándose hasta que fueron definitivamente desplazadas por las electrónicas a principios de los años 1970.

En Europa fueron comunes modelos como los fabricados por Facit, Triumphator y Walther. Máquinas de aspecto parecidos fueron las Odhner y Brunsviga, entre otras. Aunque éstas funcionaban a manivela, hubo también versiones impulsadas por motor. La mayoría de estas máquinas usaban el mecanismo Odhner o variantes del mismo. La Olivetti Divisumma realizaba las cuatro operaciones aritméticas básicas y contaba con una impresora. Las máquinas de teclado completo, incluyendo las movidas a motor, también fueron usadas en Europa durante varias décadas. Algunas máquinas más raras contaban hasta con 20 columnas en sus teclados completos.

El desarrollo de las calculadoras electrónicas

Las primeras computadoras *mainframe*, usando inicialmente válvulas de vacío y luego transistores en sus circuitos lógicos, aparecieron a finales de los años 1940 y 1950. Esta tecnología supondría un obstáculo en el desarrollo de las calculadoras electrónicas.

En 1954 IBM presentó en los Estados Unidos una gran calculadora fabricada con transistores y, en 1957, la compañía lanzó la primera calculadora «comercial» de este tipo, la IBM 608, que ocupaba varios armarios y costaba unos 80.000\$.³

La Casio Computer Co. de Japón lanzó el Modelo 14-A en 1957, considerada la primera calculadora «compacta» totalmente eléctrica del mundo. No usaba lógica electrónica, sino que se basaba en relés y era construida dentro de un escritorio.

En octubre de 1961 se anunció la primera calculadora de escritorio totalmente electrónica del mundo, la Bell Punch/Sumlock Comptometer ANITA (*A New Inspiration To Arithmetic/Accounting*, 'una nueva inspiración para la aritmética/contabilidad').^{4 5} Esta máquina diseñada y construida en Gran Bretaña usaba tubos de vacío, tubos de cátodo frío y decatrones en su circuitería, y tenía doce tubos de cátodo frío de tipo Nixie para mostrar los resultados. Se presentaron dos modelos: el Mk VII para la Europa continental y el Mk VIII para Gran Bretaña y el resto del mundo, comercializados ambos a principios de 1962. El Mk VII era un diseño ligeramente anterior con un modo de multiplicación más complicado y pronto fue abandonado en favor de la versión más simple Mk VIII. La ANITA tenía un teclado completo, parecido a los comptómetros mecánicos de la época, una característica presente entre las calculadoras electrónicas sólo en este modelo y en el Sharp CS-10A posterior. Bell Punch había fabricado calculadoras mecánicas del tipo comptómetro bajo los nombres *Plus* y *Sumlock*, y se había dado cuenta a mediados de los años 1950 de que el futuro de las calculadoras estaba en la electrónica. Contrataron al joven graduado Norbert Kitz, que había trabajado en el pionero proyecto británico de computador Pilot ACE, para dirigir el desarrollo. La ANITA se vendió bien al ser la única calculadora de escritorio electrónica disponible, siendo además silenciosa y rápida.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 17 ABRIL DE 2009

La tecnología de tubos de la ANITA fue superada en junio de 1963 por el Friden EC-130 estadounidense, que tenía un diseño basado en transistores, capacidad para mostrar 13 dígitos en una pantalla CRT de 5 pulgadas e introdujo la notación polaca inversa en el mercado de las calculadoras por un precio de 2.200\$, aproximadamente el triple del coste de una calculadora electromecánica de la época. Como Bell Punch, Friden era un fabricante de calculadoras mecánicas que había decidido que el futuro estaba en la electrónica. En 1964 se presentaron más calculadoras totalmente electrónicas: Sharp presentó la CS-10A, que pesaba 25 kg y costaba 500.000 yenes (unos 2.500\$ de la época), y la italiana Industria Macchine Elettroniche presentó la IME 84, a la que podían conectársele varios teclados y pantallas extras, de forma que pudieran usarla varias personas (pero aparentemente no a la vez).

A los anteriores siguió una serie de modelos de calculadoras electrónicas de estos y otros fabricantes, incluyendo Canon, Mathatronics, Olivetti, SCM (Smith-Corona-Marchant), Sony, Toshiba y Wang. Las primeras calculadoras usaban cientos de transistores de germanio, debido a que eran más baratos que los de silicio, en múltiples placas de circuitos. Los tipos de pantallas usados eran CRT, tubos Nixie de cátodo frío y lámparas incandescentes. Para el almacenamiento solía emplearse la memoria de línea de retardo o la memoria de toros, si bien la Toshiba *Toscal* BC-1411 parece haber usado una forma primitiva de RAM dinámica construida a partir de componentes discretos. Ya entonces existía demanda de máquinas más pequeñas y de menor consumo eléctrico.

La calculadora programable *Monroe Epic* salió al mercado en 1967. Compuesta por una unidad grande de escritorio con impresora y una torre lógica de suelo conectada a ésta, era capaz de ser programada para realizar muchas funciones típicas de una computadora. Sin embargo, la única instrucción de flujo que tenía era un salto incondicional implícito (*GOTO*) al final de una pila de operación, devolviendo el programa a su instrucción inicial. Por ello, no era posible incluir ninguna lógica de salto condicional. En esta época, la ausencia de salto condicional se usaba a veces para distinguir una calculadora programable de un ordenador.

1970 a mediados de los 1980

Las calculadoras electrónicas de mediados de los años 1960 eran grandes y pesadas máquinas de escritorio debido al uso de cientos de transistores en varias placas de circuitos, con un elevado consumo eléctrico que exigía el uso de una alimentación alterna. Se hicieron grandes esfuerzos para reducir la lógica necesaria para una calculadora en cada vez menos circuitos integrados, siendo la electrónica de las calculadoras una de las líneas punteras en el desarrollo de los semiconductores. Los fabricantes estadounidenses de semiconductores lideraron el desarrollo mundial de los circuitos LSI, comprimiendo más y más funciones en un solo circuito integrado. Esto llevó a alianzas entre fabricantes de calculadoras japoneses y empresas de semiconductores estadounidenses: Canon Inc. con Texas Instruments, Sharp Corporation (llamada entonces Hayakawa Electric) con North-American Rockwell Microelectronics, Busicom con Mostek e Intel, y General Instrument con Sanyo.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

Calculadoras de bolsillo

Para 1970 una calculadora podía fabricarse usando sólo unos pocos chips de bajo consumo, permitiendo que los modelos portátiles fuesen alimentados con baterías. Las primeras calculadoras electrónicas portátiles aparecieron en Japón en 1970 y pronto fueron comercializadas por todo el mundo. Entre estas estaban la Sanyo ICC-0081 *Mini Calculator*, la Canon *Pocketronic* y la Sharp QT-8B *micro Compet*. La Canon *Pocketronic* fue un desarrollo del proyecto *Cal-Tech* que había sido iniciado en Texas Instruments en 1965 como proyecto de investigación para fabricar una calculadora portátil. La *Pocketronic* no tenía una pantalla tradicional, sino que imprimía los resultados en un rollo de papel térmico. Como resultado del proyecto *Cal-Tech* Texas Instruments obtuvo patentes clave sobre las calculadoras portátiles.

Sharp hizo grandes esfuerzos para reducir el tamaño y consumo, y en enero de 1971 presentó la Sharp EL-8, también comercializada como *Facit 1111*, que estaba muy cerca de ser una calculadora de bolsillo. Pesaba algo menos de medio kilo, tenía una pantalla fluorescente de vacío, baterías recargables de níquel cadmio y su precio de partida fue 395\$.

Sin embargo, los esfuerzos en el desarrollo de los circuitos integrados culminaron con la introducción a principios de 1971 de la primera «calculadora en un chip», la MK6010 de Mostek,⁶ seguida por Texas Instruments más tarde ese mismo año. Aunque estas primeras calculadoras de bolsillo eran muy caras, estos avances en la electrónica junto con los desarrollos en la tecnología de displays (como el display fluorescente de vacío, LED y LCD) llevaron a que en unos pocos años las calculadoras de bolsillo baratas fueran comercialmente viables.

La primera calculadora electrónica auténticamente de bolsillo fue la Busicom LE-120A *HANDY*, comercializada a principios de 1971. Fabricada en Japón, fue también la primera en usar una pantalla LED, la primera en usar un único circuito integrado, el ya mencionado Mostek, y la primera en alimentarse con pilas desechables. Usando cuatro pilas de tamaño AA, la LE-120A medía 124x72x24 mm.

Una de las primeras calculadoras de bajo coste fue la Sinclair Cambridge, lanzada en agosto de 1973. Salió a la venta por 29,95£ y 5£ menos en formato kit. Las calculadoras Sinclair tuvieron mucho éxito por ser mucho más baratas que las de la competencia, si bien su diseño tenía fallos y la precisión de algunas de sus funciones era cuestionable. Los modelos científicos programables eran particularmente pobres en este aspecto.

Mientras todos los desarrollos que llevaron a las calculadoras de bolsillo sucedía, Hewlett Packard había estado desarrollando su propio modelo. Lanzado a principios de 1972 fue, a diferencia de otras calculadoras de bolsillo con las cuatro funciones aritméticas entonces disponibles, la primera en contar con funciones «científicas» que podía reemplazar a la regla de cálculo. La HP-35 de 395\$, junto con los posteriores modelos de HP orientados a la ingeniería, usaba la notación polaca inversa o postfija. Un



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

cálculo como «8 más 5» se realizaba pulsando «8», «Enter↑», «5» y «+», en lugar de, con la notación infija algebraica «8», «+», «5» y «=».

La primera calculadora de bolsillo programable fue la HP-65, lanzada en 1974. Tenía capacidad para 100 instrucciones, pudiendo escribir y leer programas con un lector de tarjetas magnéticas incorporado. Un año después la HP-25C introdujo la «memoria continua», es decir, una memoria CMOS que retenía los programas y datos cuando la calculadora se apagaba. En 1979 HP lanzó la primera calculadora «alfanumérica» programable y ampliable, la HP-41C. Podía ampliarse con módulos RAM (memoria) y ROM (software), así como con periféricos como lectores de códigos de barras, microcasetes y unidades de disco flexible, impresora térmica de rollo y diversas interfaces de comunicación (RS-232, HP-IL, HP-IB).

Las calculadoras mecánicas siguieron vendiéndose, si bien sus ventas decrecieron rápidamente, durante los primeros años 1970, y muchos de los famosos fabricantes cerraron o fueron adquiridos. Las calculadoras de tipo comptómetro fueron conservadas a menudo durante mucho tiempo por su conveniencia al sumar y listar, especialmente en la contabilidad, debido a que un operador debidamente experimentado podría introducir todos los dígitos de un número de un solo movimiento, más rápidamente que una calculadora «serie». Los comptómetros fueron sustituidos por la introducción de ordenadores más que de mejores calculadoras. En esta misma época también decayó el uso de las reglas de cálculo en favor de las calculadoras.

Mejoras técnicas

Durante los años 1970 la calculadora de bolsillo electrónica sufrió un rápido desarrollo. Las pantallas de LED rojos y de vacío fluorescente azul o verde consumían demasiada electricidad, haciendo que la calculadora tuviese poca autonomía (del orden de horas, siendo pues comunes las baterías recargables) o fuese lo suficientemente grandes como para aceptar baterías de gran tamaño y capacidad. A principios de la década las pantallas de cristal líquido (LCDs) estaban en su infancia y era objeto de mucha preocupación que tuvieran una vida operativa corta. Basicom fue una compañía muy innovadora, que cuando presentó el modelo LE-120A *HANDY*, la primera calculadora de bolsillo y la primera con pantalla LED, también anunció el modelo *LC*, con pantalla LCD. Sin embargo, hubo problemas con esta pantalla y la calculadora nunca salió a la venta. La primera calculadora con LCD viable fue fabricada por Rockwell International y comercializada desde 1972 por otras compañías bajo nombres como *Dataking LC-800*, *Harden DT/12*, *Ibico 086*, *Lloyds 40*, *Lloyds 100*, *Prismatic 500* (o *P500*) y *Rapid Data Rapidman 1208LC*. Los primitivos LCDs de la época mostraban los números de color plateado contra un fondo oscuro. Para lograr un contraste alto estos modelos iluminaban la pantalla de cristal usando una lámpara incandescente o similar, lo que eliminaba los beneficios del bajo consumo del LCD. Estos modelos sólo fueron vendidos durante uno o dos años.

Una serie de calculadoras de mucho mayor éxito usando pantallas LCD reflexivas fue lanzada en 1972 por Sharp Corporation con su modelo *EL-805*, que era una calculadora de bolsillo delgada. Este y otros modelos similares usaban la tecnología COS (*Crystal on Substrate*) de Sharp, que empleaba una placa



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

de circuito similar a un cristal que era también una parte integral del LCD. Al operar el usuario veía los números mostrados a través de esta placa. La tecnología COS debió resultar demasiado cara y sólo fue usada en unos pocos modelos antes de que Sharp volviese a los circuitos convencionales, si bien todos los modelos con pantallas LCD reflexivas se denominan a menudo «COS».

A mediados de los años 1970 aparecieron las primeras calculadoras con las actuales pantallas LCD «normales», con dígitos oscuros contra un fondo gris, si bien las primeras tenían a menudo un filtro amarillo sobre ellas para eliminar los dañinos rayos ultravioletas. La gran ventaja del LCD es que es pasivo y refleja la luz, lo que requiere mucha menos energía que generarla. Esto abrió el camino para las primeras calculadoras del tamaño de una tarjeta de crédito, como la Casio *Mini Card LC-78* de 1978, que podía funcionar meses con un par de pilas de botón.

También hubo un constante progreso en la electrónica interior de las calculadoras. Todas las funciones lógicas de una calculadora habían sido incluidas en un solo circuito integrado ya en 1971, pero entonces era tecnología punta, resultando los costes prohibitivos. Muchas calculadoras siguieron usando dos o más circuitos integrados, especialmente las científicas y programables, hasta finales de la década.

El consumo energético de los circuitos integrados también fue reducido, especialmente con la introducción de la tecnología CMOS. Debutando en la Sharp "EL-801" de 1972, los transistores de las celdas lógicas de los chips CMOS sólo consumían una energía apreciable cuando cambiaban de estado. Las pantallas LED y VFD había exigido a menudo transistores o circuitos adicionales, pero las pantallas LCD eran más fáciles de usar directamente desde los circuitos de la propia calculadora.

Con este consumo de energía reducido se hizo posible el usar células solares como fuente de electricidad, lo que se logró sobre 1978 por calculadoras tales como la Royal *Solar 1*, Sharp *EL-8026* y Teal *Photon*.

Calculadoras de bolsillo para todo el mundo

Al principio de los años 1970 las calculadoras electrónicas de mano eran muy caras respecto al sueldo medio, resultando artículos de lujo. Este alto precio era debido a que su construcción necesitaba de varios componentes mecánicos y electrónicos caros de producir y relativamente escasos. Muchas compañías grandes y pequeñas previeron buenos beneficios en el negocio de las calculadoras, donde los márgenes eran altos. Sin embargo, el coste de las calculadoras cayó inexorablemente a medida que se abarataban sus componentes y las técnicas de producción involucradas, y el efecto de las economías de escalas se sintieron.

Para 1976 el coste de las calculadoras de bolsillo más simples había caído a unos pocos dólares, una vigésima parte del de 5 años antes. Las consecuencias de esta caída fueron primero que las calculadoras de bolsillos eran asequibles para casi cualquiera, y luego que resultaba difícil para los fabricantes lograr beneficios, lo que llevó a que muchas compañías abandonaran el mercado o



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 17 ABRIL DE 2009

cerrasen. Las que sobrevivieron tendieron a ser las que lograban mayores ventas de calculadoras de mayor calidad o las que producían modelos científicos y programables de gama alta.

De mediados de los años 1980 a la actualidad

La primera calculadora capaz de realizar cálculos simbólicos fue la HP-28, lanzada en 1987. Era capaz, por ejemplo, de resolver simbólicamente ecuaciones cuadráticas. La primera calculadora gráfica fue la Casio fx7000G lanzada en 1985.

Los dos principales fabricantes, HP y TI, lanzaron modelos con cada vez más características durante los años 1980 y 1990. A finales de siglo, la línea entre una calculadora gráfica y una PDA u ordenador de mano no estaba clara, pues muchas calculadoras avanzadas como la TI-89 y la HP-49G podían derivar e integrar funciones, correr procesadores de texto y software PIM, y conectar por cable o IR a otros equipos.

En marzo de 2002 HP anunció que dejaba de fabricar calculadoras, lo que resultó difícil de aceptar por parte de algunos fanáticos de los productos de la compañía, teniendo en particular la gama HP-48 una base de clientes extremadamente fiel. HP reinició la producción de calculadoras a finales de 2003, si bien los nuevos modelos no tenían la calidad mecánica y el sobrio diseño de las anteriores calculadoras que una vez las hicieron famosas, pues la compañía decidió adoptar un estilo más «joven», como el de los modelos de su competidora TI. En los primeros días de las calculadoras, los vendedores de HP eran conocidos por empezar las demostraciones de sus productos tirando la calculadora al suelo, pero los actuales modelos se consideran aparatos baratos y desechables.

Actualmente, existen calculadora «en línea» diseñadas para funcionar como las normales, pero que gracias a Internet permiten ciertos cálculos imposibles para las convencionales, como cambios de moneda, tipos de interés y estadísticas en tiempo real.

Calculadoras electrónicas

Las primeras calculadoras eran dispositivos de escritorio mecánicos, que fueron reemplazados por aparatos electromecánicos, luego por modelos electrónicos usando válvulas termoiónicas, después transistores y más tarde circuitos integrados. Actualmente la mayoría de las calculadoras son dispositivos microelectrónicos de mano.

Configuración básica

La complejidad de las calculadoras cambia según su finalidad. Una calculadora moderna simple suele constar de las siguientes partes:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

- Una fuente de energía, como una pila, un panel solar o ambos.
- Una pantalla, normalmente LED o LCD, capaz de mostrar cierto número de dígitos (habitualmente 8 o 10).
- La circuitería electrónica.
- Un teclado formado por:
 - Los diez dígitos, del 0 al 9;
 - La coma decimal;
 - El signo igual, para obtener el resultado;
 - Las cuatro operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación y división);
 - Un botón «cancelar» para eliminar el cálculo en curso;
 - Botones de encendido y apagado;
 - Otras funciones básicas, como la raíz cuadrada y el porcentaje (%).
- Los modelos más avanzados pueden contar con memoria para un solo número, que puede recuperarse cuando se necesita.

Desde finales de los años 1980, las calculadoras simples han sido incorporadas a otros dispositivos de mano, como teléfonos móviles, buscapersonas y relojes de pulsera. Estos últimos fueron popularizados por el Dr. James Buccanon, presidente de la Universidad de Pensilvania.

Calculadoras científicas

Los modelos más complejos, habitualmente llamados «científicos», permiten calcular funciones trigonométricas, estadísticas y de otros tipos. Las más avanzadas pueden mostrar gráficos e incorporan características de los sistemas algebraicos computacionales, siendo también programables para aplicaciones tales como resolver ecuaciones algebraicas, modelos financieros e incluso juegos. La mayoría de estas calculadoras puede mostrar números de hasta diez dígitos enteros o decimales completos en la pantalla. Se usa la notación científica para mostrar números por hasta un límite dispuesto por el diseñador del modelo, como $9,999999999 \times 10^{99}$. Si se introduce un número mayor o una expresión matemática que lo arroje (como un factorial), entonces la calculadora puede limitarse a mostrar un «error».

Este mensaje de «error» también puede mostrarse si una función u operación no está matemáticamente definida, como es el caso de la división por cero o las raíces enésimas pares de números negativos (la mayoría de las calculadoras científicas no permiten números complejos, si bien algunas cuentan con una función especial para trabajar con ellos). Algunas calculadoras pueden distinguir entre ambos tipos de error, lo que no siempre resulta evidente para el usuario.

Sólo unas pocas compañías desarrollan y construyen nuevos modelos profesionales de ingeniería y finanzas; las más conocidas son Casio, Sharp, Hewlett-Packard (HP) y Texas Instruments (TI). Tales calculadoras son buenos ejemplos de sistemas integrados.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

Uso en la educación

En la mayoría de los países desarrollados, los estudiantes usan calculadoras en sus tareas escolares. Hubo cierta resistencia inicial a la idea por el temor de que las habilidades aritméticas básicas se resentirían. Permanece cierto desacuerdo sobre la importancia de la habilidad para realizar cálculos a mano o mentalmente, con algunos planes de estudios restringiendo el uso de la calculadora hasta que se logra cierto nivel de destreza matemática, mientras que otros se centran más en enseñar técnicas de estimación y resolución de problemas.

Hay otras preocupaciones, como que un alumno use la calculadora erróneamente pero crea que la respuesta es correcta porque fue el resultado dado por la calculadora. Los profesores intentan combatir esto animando a los estudiantes a realizar manualmente una estimación del resultado y asegurar que se acerca al resultado calculado. También es posible que un niño teclee -1×-1 y obtenga la respuesta correcta «1» sin advertir el principio implicado. En este sentido, la calculadora pasa a ser una muleta más que una herramienta didáctica, pudiendo frenar a los estudiantes durante un examen si estos se dedican a comprobar incluso los cálculos más triviales en la calculadora.

Otras preocupaciones sobre su uso

Los errores no se restringen sólo a los estudiantes. Cualquier usuario puede confiar descuidadamente en la salida de una calculadora sin comprobar la magnitud del resultado, es decir, el lugar donde la coma decimal aparece. Este problema también se daba en la época de las reglas de cálculo y los cálculos con lápiz y papel, cuando la tarea de establecer las magnitudes del resultado tenía que ser hecha por el usuario.

Algunas fracciones como $\frac{2}{3}$ son incómodas de mostrar en una calculadora, pues suelen redondearse a 0,66666667 o similar. Además, algunas fracciones como 0,14285714... pueden ser difíciles de reconocer en su forma decimal (de hecho, el anterior número es $\frac{1}{7}$). Algunas de las calculadoras científicas más avanzadas son capaces de trabajar con fracciones comunes, si bien en la práctica su manejo es bastante pesado.

Calculadoras frente a computadoras

Una diferencia fundamental entre las calculadoras y la mayoría de las computadoras es que las primeras sólo son herramientas numéricas, mientras que las segunda pueden usar números para manipular directamente palabras, imágenes o sonidos.

El mercado de las calculadoras es extremadamente sensible al precio: el usuario típico desea el modelo más barato que cuente con un conjunto de características concreto, pero no se preocupa demasiado por la velocidad (dado que ésta viene limitada por la rapidez con la que el usuario es capaz de pulsar los botones). Por esto, los diseñadores de calculadoras se esfuerzan en minimizar el número de



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

elementos lógicos de los circuitos integrados en lugar del número de ciclos de reloj necesarios para efectuar un cálculo.

Por ejemplo, en lugar de un multiplicador hardware, una calculadora puede implementar las operaciones en coma flotante con código en ROM y calcular las funciones trigonométricas con el algoritmo CORDIC porque no exige cálculos en coma flotante. Los diseños lógicos serie son mucho más comunes en las calculadoras que los paralelos, mientras que éstos dominan en los ordenadores de propósito general, debido a que el primero minimiza la complejidad del circuito integrado a cambio de necesitar muchos más ciclos de reloj.

Los ordenadores personales y las PDAs pueden realizar cálculos generales de varias formas:

- Existen muchos programas que realizan cálculos, desde emuladores de calculadoras simples hasta calculadoras científicas como la Microsoft Calculator y programas avanzados de hojas de cálculo como Microsoft Excel u OpenOffice.org Calc.
- Los programas de álgebra computacional como Mathematica, Maple y MATLAB pueden realizar cálculos avanzados.
- Es posible acceder a calculadoras en un navegador, tanto del lado del cliente (es decir, escribiendo el emulador en Javascript) como del lado del servidor (como es el caso de la calculadora que ofrece Google entre sus productos), exigiendo esto último acceso a Internet.

3.BIBLIOGRAFÍA.

- V.V.A.A. (2006). *Enciclopedia universal Larousse*. Barcelona: edit. Larousse.
 - Norell, Elisabeth. (1999). *Los más grandes científicos e inventores*. Madrid: ediciones rueda.
 - Cruz, Celso. (1943). *Los grandes inventores (Cadmo, Gutenberg, Galileo, Fulton, Stephenson, Morse, Montgolfier, Franklin, Daguerre, Watt, Volta, Grahman Bell, Edison, Marconi, Roentgen, Tellier, Diesel, Lumiere, Otros Inventores)*. Buenos aires: atlántida.
 - Llano, Alberto. (1948). *Los heroes del progreso. Inventores e inventos*. Barcelona: ed. Seix barral.
 - R. Rovira. (1947). *Los grandes inventores modernos*. Barcelona: editorial difusion 2ª edic
 - Sprague de Camp (L.). (1967). *Grandes inventos y grandes inventores*. Buenos aires: editorial hobbs.
 - V.V.A.A. (1983). *Inventos que cambiaron el mundo. El genio práctico del hombre a través de los tiempos*. Madrid: selecciones reader's digest.
 - Giménez, Manuel. (1989). *Grandes inventos y sus creadores*. Barcelona: edicomunicación.
 - Davies, Eryl. (1996). *Inventos*. Madrid: tiempo -gr. Enc.bols.
 - Morales, Juan José. (1977). *Ciencia realidad o imaginación. Hallazgos e inventos que desafían a la imaginación*. Argentina: ed. Dronte.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 17 ABRIL DE 2009

Autoría

- Nombre y Apellidos: Francisco M. Porcel Granados
- Centro, localidad, provincia: Málaga
- E-mail: fmporcel00@gmail.com